unesco
Category 2 Centre under the auspices of UNESCO
RCECWA
Regional Education and Research Center on Earthquake Risk Management and Resilience for West and Central Asia
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

بررسی شکل‌پذیری ستونهای بتن آرمه مقاومت بالا محصور شده توسط شبکه توری فلزی

مرتضی بسطامی
دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه m.bastami@iiees.ac.ir

سیداحمد موسوی

تحقیق پیش رو با هدف بهبود شکل‌پذیری ستونهای بتنی مقاومت بالا خودمتراکم صورت گرفته است. در سال‌های اخیر، مهندسی سازه تمرکز بالایی بر روی بهره بردن از مصالحی با کارایی بالا دارد که بتن‌های مقاومت بالا یکی از این مصالح به شمار می‌رود. در کنار مزایای متعددی که بتن‌های مقاومت بالا فراهم می‌نمایند مهم‌ترین عیب موجود در شکنندگی بالا و خاصیت شکل‌پذیری کم به نسبت بتن‌های معمولی می‌باشد. از آنجایی که ستونها نقش اساسی را در حفظ جان و مال مردم ایفا می‌کنند، تردی بالا و شکل‌پذیری کم ستونهای بتنی مقاومت بالا بیشتر نمود پیدا می‌کند. یکی از مهم‌ترین عوامل پایداری سازه‌ها در هنگام زلزله، شکل‌پذیری، جذب انرژی و اهمیت حفظ محصورشدگی هسته بتن برای جلوگیری از گسیختگی المان‌ها و در نهایت فروریزش ساختمان می‌باشد. مهم‌ترین مسأله استفاده از موادی در بتن است که با داشتن معیارهایی همچون قابلیت اجرا، هزینه کم و دردسترس بودن بتوان آن را جایگزین و یا کاهش‌دهنده آرماتورها و خاموت‌ها به کار برد به صورتی که عملکرد سازه همچنان حفظ شود.

در این تحقیق، جهت بهبود شکل‌پذیری ستونهای بتنی مقاومت بالا خودمتراکم از دو نوع شبکه توری فلزی با قطر چشمه ۲,۵ و ۴ سانتی‌متر و با ضخامت مفتول یکسان به عنوان عامل تقویت‌کننده محصورشدگی هسته بتن استفاده شده است. هر دو نوع شبکه توری فلزی به صورت دو لایه به دور شبکه آرماتوربندی و خاموت‌ها پیچیده می‌شود و جهت تسهیل فرآیند بتن‌ریزی از بتن‌های خودمتراکم استفاده شده است. آزمایش‌های رئولوژی از جمله جریان اسلامپ، جی- رینگ، ال- باکس، جریان اسلامپ تی ۵۰، جی- رینگ تی ۵۰، ال- باکس تی۲۰ و تی۴۰ بر روی بتن‌های متراکم صورت گرفت. همچنین متوسط مقاومت فشاری استوانه‌ای استاندارد ستونهای بتنی در روز تست بین ۷۵ الی ۸۲ مگاپاسکال می‌باشد.

جهت ارزیابی شکل‌پذیری ستونهای بتنی مقاومت بالا خود متراکم تقویت شده توسط شبکه توری فلزی از سه سطح شکل‌پذیری کم، متوسط و ویژه استفاده شده است. در هر سطح از شکل‌پذیری، یک نمونه به صورت شاهد و بدون تقویت و دو نمونه به صورت تقویت شده می‌باشد و در نهایت نمونه‌ها تحت بارگذاری لرزه‌ای ساده شده قرار داده شدند.

نتایج آزمایش‌های لرزه‌ای ساده شده بر روی نمونه‌های آزمایشگاهی نشان داد که به طور کلی تقویت نمونه‌ها به کمک شبکه توری فلزی تأثیر چندانی بر روی افزایش یا کاهش مقاومت نمونه‌ها نداشته ولی به طور کلی استفاده از این تقویت تأثیر مثبت در افزایش شکل‌پذیری و جذب انرژی به نسبت نمونه‌های شاهد خود داشته است. بیشترین تأثیر در افزایش شکل‌پذیری و جذب انرژی مربوط به نمونه‌های با حد شکل‌پذیری کم می‌باشد و تقویت شده توسط توری چشمه ۲,۵ سانتی‌متر می‌باشد که توانسته است به نسبت نمونه شاهد خود شکل‌پذیری را ۲۰,۵٪ افزایش دهد و همچنین بیشترین تأثیر در افزایش جذب انرژی مربوط به نمونه با حد شکل‌پذیری کم و

Study of the Confinement of the Reinforced High-Strength Concrete Columns with Hexagonal Chicken Wire

Morteza Bastami
Associate Professor, Structural Engineering Research Center
m.bastami@iiees.ac.ir

Seyed Ahmad Mousavi

In recent years, High-Strength Concrete (HSC) has significantly drawn engineer attention to implement it in construction of bridges and high-raised buildings. This is because it has more compressive strength in comparison with ordinary concrete and lead to less use of reinforced bars in structural elements.

Although compression strain related to maximum strength in HSC is higher than the normal concrete, its ductility decreases by increasing the strength. Therefore, HSC has a brittle behavior which leads to sudden failure during the loading. Providing ductility in structural elements like columns is requisite in seismic design of structures since it increases the energy absorption during the earthquake. In columns constructed by HSC, ductility is improved by increasing the confinement of core concrete using transverse bars. On the other hand, by enhancing the volumetric ratio of reinforcement bars in structural elements the construction process become harder, as little space provided for equipment for fabrication. Self-Consolidating concrete (SCC) is a great way to solve this problem because it is highly flow able, and no segregating concrete can spread into place, fill the formwork, and encapsulate the reinforcement without any mechanical consolidation. Several methods have been proposed to improve the ductility of the concrete by providing confinement for core concrete. In this study, we investigated the effect of Hexagonal Chicken Wire (HCW) on ductility of reinforced concrete columns which wrapped around the concrete core and lateral ties.

In the experimental program, eight double-ended RC column specimens that were reinforced laterally with various volumetric ratios of ties for three level of ductility have been tested. The confinement of column specimens was enhanced by warping double HCW around the ties. They were tested under lateral cyclic displacements and uniform axial load. The results are compared in terms of ultimate capacity, axial displacement, lateral displacement, ductility, energy absorption and crack propagation. The main objective of this study is to evaluate the effect of the HCW on seismic performance of HSC RC columns.

Ductility of the structural elements is requisite in design of structures in seismic regions and using confining HCW is one of the best ways to enhance ductility and energy absorption of the RC columns; because it is cheaper and easier to be fabricated

in compare with other types of metal meshes. Since HCW increases the number of cracks and decreases their depth in specimens, it prevents the sudden collapse of the members and improves their ductility. HCW raises the ultimate deformation capacity by restraining rebars to buckle and confining the core concrete. So, more residual capacity has been anticipated for this type of columns after earthquake events.

Tests have been conducted under deformation-control cyclic loading. Following major results have been obtained:

- Implementation of HCW enhances the ductility and energy absorption of columns in all specimens.
- Strength of columns which have been confined by HCW has not significantly changed compared with non-confined specimens.
- In specimens which HCW have been wrapped around the lateral ties, since more cracks were propagated along the samples in plastic hinge area, much portion of the concrete is contributed in failure of the columns and more energy has been absorbed by the specimens while the depths of the cracks have been decreased.
- HCW prevents sudden failure of the specimens by enclosing the longitudinal bars and damaged core concrete. So more deformation could be applied to the specimens and this is a considerable merit of the use of HCW to improve the performance level of buildings.
- In confined specimens with HCW, the numbers of loading cycles have been enhanced, so the energy absorbed by the specimens increased. Moreover, HCW confined the core of the columns and prevent the abrupt failure of the specimens in the final steps of loading.
- Once the plastic hinges have been formed, the HCW stretched and prevented the buckling of the longitudinal rebars. So it can be concluded that HCW mostly acts after the yielding point.
- With regard to the construction costs, HCW only increases 2% of the cost to the construction in comparison to non-confined samples. So it could be concluded that HCW is an appropriate approach to improve the ductility and performance of the RC columns and it also can be proposed as an economical option for retrofitting of the exciting RC elements.
- The use of HCW improves the performance of the structure at the level of collapse prevention and this leads to reduction in human and economic losses in earthquakes.

Following figures show fabrication of RC columns confined by HCW, test setup and Hysteresis for specimens.

Keywords: High-strength concrete, Hexagonal chicken wire, Self-consolidating concrete, RC column, Ductility, Confinement, Energy dissipation

تقویت شده توسط توری چشمه ۴ سانتی‌متر می‌باشد که توانسته است به نسبت نمونه شاهد خود جذب انرژی را ۳۰۸٫۸٪ افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: بتن مقاومت بالا، بتن خودمتراکم، ستونهای بتنی، شبکه توری فلزی، گابیون، محصورشدگی، شکل‌پذیری، جذب انرژی

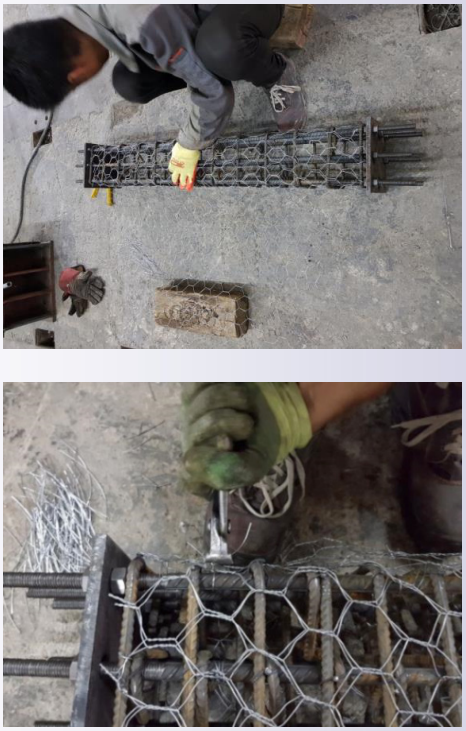


Figure 1: Fabrication of RC columns confined by HCW

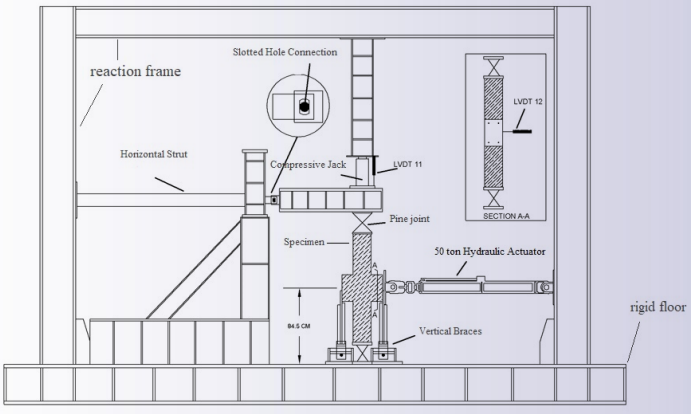


Figure 2: Test Setup

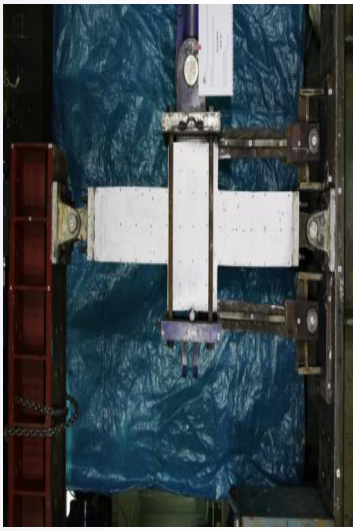
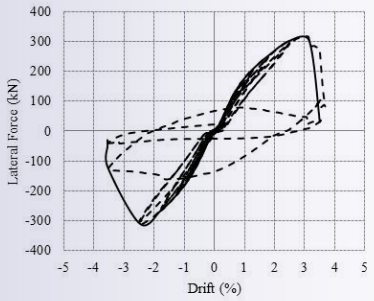
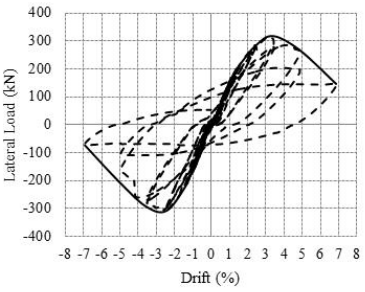


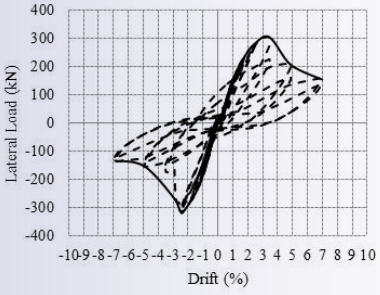
Figure 3: Rigid connection of the vertical braces to the beam and pine connection of hydraulic actuator



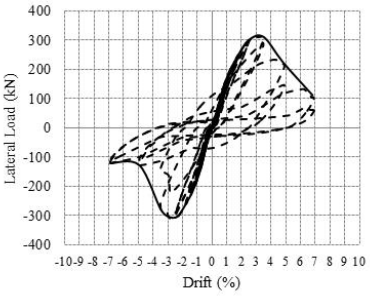
(a) ODN



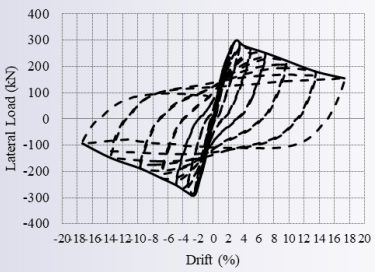
(c) ID4



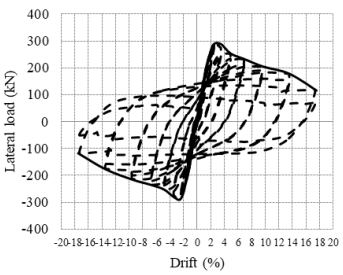
(b)OD2



(c) OD4



(a) SDN



(b) SD4

Figure 4: Hysteresis for specimens